

## Vertifikasi beban dinamis amplitude konstan pada mesin uji lelah beban aksial



## KATA PENGANTAR

Standar Pengujian Material Logam, dengan judul 'VERIFIKASI BEBAN DINAMIS AMPLITUDO KONSTAN PADA MESIN UJI LELAH BEBAN AKSIAL' diadopsi oleh Dr.Ir. Utama H.Padmadinata dari ASTM E 467-76, ( VERIFICATION OF CONSTANT AMPLITUDE DYNAMIC LOADS IN AN AXIAL LOAD FATIGUE TESTING MACHINE).

Kegiatan adopsi standar ini dilakukan untuk meningkatkan mutu pengujian material logam di Tanah Air.

Standar ini mencakup prosedur verifikasi beban amplitudo konstan yang dipakai terhadap benda uji aksial simetris pada suhu ruang dengan menggunakan mesin uji beban lelah aksial.

Mengingat pentingnya standar ini, maka dibentuk panitia teknis oleh Deputy Ketua Bidang Pengkajian Industri BPP Teknologi, Nomor : Skep/03/D.IN/BPPT/VII/91 dengan susunan panitia sebagai berikut :

1. Ir.Amir Partowiyatno	(Ketua)	LUK - BPPT
2. Dr.Ir.Utama H.Padmadinata	(Wk. Ketua)	LUK - BPPT
3. Helmi Bay Munzier,Msc	(Sekretaris I)	PI - BPPT
4. Ir.Ilham Hatta	(Sekretaris II)	LUK - BPPT
5. Dr.Ir.DN.Adnyatna	(Anggota)	LUK - BPPT
6. Ir.Triwibowo,Msc	(Anggota)	LUK - BPPT
7. Dr.Ir.Budhi M Suyitno	(Anggota)	Ditjen P Udara
8. Ir.Agus Widjaya	(Anggota)	BKI
9. Ir.Imam Darmadi	(Anggota)	BKI
10. Abdul Halim,Bsc	(Anggota)	LIPI
11. Ir.Sriati Djaprie,Msc	(Anggota)	UI
12. Dr.Ir.Mardjono S	(Anggota)	ITB
13. Ir.Suwarno Suardjo	(Anggota)	PI - BPPT
14. Ir.Bagus Trisaptono	(Anggota)	PI - BPPT
15. Ir.B. Risdianto	(Anggota)	PT - BPPT
16. Ir.Nyoman Udhi	(Anggota)	PT - BPPT
17. Ir.Sunyoto	(Anggota)	LUK - BPPT
18. Ir.Sasi Kirono,Msc	(Anggota)	LUK - BPPT
19. Ir.Triatmono Sudiro	(Anggota)	PT. IPTN
20. Ir.Masykur Zaelany	(Anggota)	PT. IPTN
21. Ir.Zaini Yusuf	(Anggota)	PT. Garuda
22. Ir.Agus Sulistio	(Anggota)	PT. Garuda
23. Ir.Jossafril	(Anggota)	PT.Dok PK Bahari
24. Ir.Saragih	(Anggota)	PT.Dok PK Bahari

Dan selama penyelesaiannya, dibantu oleh Drs. Amran Purba dari Pusat Pembinaan dan Pengembangan Bahasa Indonesia.

Dalam usaha penyempurnaan standar tersebut, ada beberapa istilah asing yang disesuaikan dengan kaidah bahasa Indonesia yang baku. Untuk menghindari penyimpangan pengertian dari makna konsepnya, dapat digunakan acuan naskah dalam bahasa Inggris.

Standar ini telah dibahas 5 kali rapat teknis dan dilanjutkan dengan Rapat Konsensus Standar BPP Teknologi di Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.



## DAFTAR ISI

halaman

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
VERIFIKASI BEBAN DINAMIS AMPLITUDO KONSTAN PADA MESIN UJI	
LELAH BEBAN AKSIAL.....	1
1. Ruang Lingkup.....	1
2. Definisi.....	1
3. Makna Kalibrasi Dinamis.....	2
4. Dinamometer.....	3
5. Prosedur Verifikasi Dinamis Mesin Uji Lelah.....	7
6. Selang Waktu Verifikasi.....	8
7. Laporan.....	9

## VERIFIKASI BEBAN DINAMIS AMPLITUDO KONSTAN PADA MESIN UJI LELAH BEBAN AKSIAL

### 1. RUANG LINGKUP

Standar ini mencakup prosedur verifikasi beban amplitudo konstan yang dipakai terhadap benda uji aksial simetris pada suhu ruang dengan menggunakan mesin uji beban lelah aksial.

### 2. DEFINISI

2.1 Mesin-uji lelah adalah suatu alat untuk memberikan siklus beban berulang terhadap benda uji.

2.2 Beban

Gaya yang diberikan terhadap benda uji. Dalam hal mesin uji lelah, beban biasanya diukur dalam satuan Newton.

2.3 Siklus beban adalah bagian terkecil dari fungsi beban terhadap waktu yang diulang secara periodik.

2.4 Beban maksimum adalah beban dengan nilai aljabar terbesar dalam siklus beban, beban tarik dinyatakan positif dan beban tekan dinyatakan negatif.

2.5 Beban minimum adalah beban dengan nilai aljabar terkecil dalam siklus beban, beban tarik dinyatakan positif dan beban tekan dinyatakan negatif.

2.6 Beban rata-rata adalah beban rata-rata aljabar dari beban maksimum dan beban minimum dalam siklus beban.

2.7 Amplitudo beban adalah setengah dari perbedaan aljabar antara beban maksimum dan beban minimum dalam siklus beban.

2.8 Beban yang diinginkan adalah beban maksimum dan beban minimum (atau beban rata-rata dan amplitudo beban yang diinginkan) diatur dari alat kontrol mesin uji lelah, menurut pedoman yang ada. Pedoman tersebut disediakan



oleh pabrik pembuat mesin atau yang sudah dikembangkan oleh pemakainya.

- 2.9 Beban-beban yang ditunjukkan adalah beban maksimum dan beban minimum (atau beban rata-rata dan amplitudo beban) yang dapat dibaca pada alat ukur atau alat rekam dari mesin uji lelah, menurut kalibrasi yang ada. Kalibrasi tersebut mungkin disediakan oleh pabrik pembuat mesin atau yang sudah dikembangkan oleh pemakainya. Dalam hal mesin uji lelah tidak dilengkapi dengan alat pembacaan beban, beban yang ditunjukkan dinyatakan identik dengan beban yang diinginkan.
- 2.10 Dinamometer adalah suatu alat kalibrasi elastis untuk melakukan verifikasi beban yang ditunjukkan oleh mesin uji lelah. Alat tersebut dilengkapi alat ukur, mempunyai massa, kekakuan dan batas pergerakan sehingga pengaruh inersia benda uji dan pencekam pada mesin uji, untuk mana verifikasi beban yang dikehendaki, dapat diduplikasi dengan toleransi 1 %. Alat ukurnya harus dapat menentukan regangan rata-rata dengan teliti, dalam suatu daerah berpenampang lintang seragam, jika dinamometer dibebani dengan gaya tarik atau tekan sepanjang sumbu memanjang.
- 2.11 Julat ukur dinamometer adalah julat beban dimana dinamometer dapat digunakan untuk keperluan verifikasi. Dinamometer yang dipakai untuk beban tarik dan beban tekan akan mempunyai dua daerah ukur, satu untuk beban tarik dan satu untuk beban tekan.

### 3. MAKNA KALIBRASI DINAMIS

- 3.1 Mengingat pengukuran gaya pada benda uji dalam keadaan statis relatif mudah, maka sangat perlu untuk melakukan verifikasi bahwa amplitudo gaya dinamis yang diberikan pada benda uji sesuai dengan penunjukkan amplitudo beban dalam batas-batas yang dapat diterima.

Catatan 1 : Perbedaan fase antara beban yang ditunjukkan dan beban yang bekerja tidak termasuk dalam ruang lingkup standar ini.

- 3.2 Ketelitian beban-beban yang ditunjukkan dapat tergantung pada beberapa faktor berikut ini :

- 3.2.1 Bentuk benda uji dan ukurannya.



- 3.2.2 Bentuk pencekam pada mesin uji dan alat bantu benda uji.
- 3.2.3 Sifat bahan benda uji meliputi berat jenis, karakteristik tegangan-regangan statis dan dinamis, dan koefisien redaman bahan.
- 3.2.4 Penyetelan beban pada alat kontrol mesin uji.
- 3.2.5 Bentuk gelombang siklus beban
- 3.2.6 Frekuensi siklus beban.
- 3.3 Secara ideal, beban yang diberikan terhadap benda uji pada suatu uji lelah harus melalui verifikasi untuk setiap kombinasi faktor-faktor diatas. Namun telah diketahui, bahwa dalam batas-batas variasi tertentu, pengaruh dari setiap faktor terhadap beban mungkin kecil atau dapat diprediksi.

#### 4. DINAMOMETER

##### 4.1 Umum

Dapat dipakai dinamometer dari berbagai konfigurasi dan bahan yang cocok. Namun demikian, dinamometer harus dapat menduplikasikan respons elastis statis dan dinamis pada benda uji dalam pengujian. Dinamometer biasanya mempunyai ukuran sedemikian sehingga didapat suatu regangan antara 0,0012 sampai 0,0015 mm/mm pada beban maksimum dari daerah ukur dinamometer. Dinamometer harus mempunyai bagian dengan penampang melintang yang seragam untuk pemasangan transduser.

##### 4.2 Prosedur verifikasi terdiri dari beberapa tahapan pokok berikut ini :

- 4.2.1 Dapatkan hubungan beban statis - regangan (atau suatu besaran proporsional terhadap regangan) dari dinamometer dengan menggunakan mesin uji tarik atau beban standar (dead weight).

Catatan 2 : Dalam standar ini istilah "regangan" mewakili semua besaran yang sebanding dengan regangan.



4.2.2 Ukur regangan dinamometer selama beban siklus pada setiap beban maksimum dan minimum serta frekuensi pengujian yang diinginkan pada mesin uji lelah.

4.2.3 Konversikan regangan yang terukur atau hasil penunjukan yang sesuai alat ukur menjadi besaran beban dengan menggunakan hubungan antara beban statis dan regangan. Pendekatan ini mengasumsikan bahwa hubungan beban-regangan pada dinamometer sama baik untuk beban siklus maupun beban statis. Pemakaian lebih luas dari asumsi tersebut pada saat ini belum diketahui kebenarannya dengan pasti sehingga standar ini masih berlaku sementara.

#### 4.3 Transduser Regangan

Dinamometer harus dilengkapi dengan transduser agar dapat menentukan regangan rata-rata pada bagian dinamometer yang seragam dan nilai atau persentase lenturan yang diterima oleh dinamometer pada saat dibebani secara aksial.

Transduser harus peka terhadap perubahan gaya sebesar 0,2 % beban maksimum dari daerah ukur dinamometer.

4.3.1 Transduser berterima paling sedikit terdiri dari empat *strain gage* tahanan listrik yang sama dipasang memanjang pada bagian yang seragam dari dinamometer, di titik-titik yang terdistribusi merata disekeliling bagian itu, dan berjarak sama dari ujung-ujung bagian tersebut. Perlengkapan harus dipersiapkan sarana untuk perekaman regangan yang terukur pada setiap *gage* agar dapat mengevaluasi besarnya lenturan pada dinamometer. Untuk penentuan regangan rata-rata, *gages* yang berseberangan dirangkai seri dan setiap pasang dirangkai pada lengan yang berseberangan pada jembatan Wheatstone. Pada kedua lengan lainnya masing-masing dirangkai 2 buah *gage* yang serupa yang dipasang secara melintang pada dinamometer, antara lain untuk memungkinkan kompensasi temperatur.

Catatan 3 : Pemakaian rosette gages 90 derajat dapat berterima.

#### 4.4 Pengukuran regangan statis

Instrumentasi yang dipakai untuk mencatat regangan statis harus sama dengan yang dipergunakan untuk mencatat regangan dinamis.

4.4.1 Untuk mencapai resolusi dan ketelitian yang tinggi, metode pembacaan nol dapat diterapkan, yang keluaran



transdusernya dapat diatur menjadi nol untuk beban yang diinginkan. Selanjutnya hanya perlu mengamati keluaran transduser tersebut pada berbagai beban. Jika dipakai transduser *strain gage* tahanan listrik,

metode yang tepat memakai suatu sirkuit jembatan yang dapat disetel, yang dialiri arus searah (DC) dan mengamati keluaran pada osiloskop yang saklarnya dapat diubah-ubah dengan cepat antara keluaran jembatan dan massa. Jika pengubahan tersebut tidak menghasilkan perubahan, berarti jembatan dalam keadaan seimbang dan penyetelan menghasilkan kesetimbangan akibat beban yang diberikan.

Osiloskop harus peka terhadap perubahan 0,2 % dari beban maksimum jika jembatan *strain gage* dalam kondisi mendekati keseimbangan. Hal itu perlu untuk menjamin bahwa amplitudo keluaran dari sirkuit jembatan dan suatu penguat antara jembatan dan osiloskop adalah linear dan tidak tergantung pada frekuensi diseluruh julat frekuensi pengujian

4.4.2 Jika metode nol tidak dipakai, osiloskop yang dipakai harus mampu mengukur beban dengan ketelitian 0,2 % beban maksimum. Pemakaian perekam jenis-pen tidak dianjurkan karena pengaruh inersia pen.

4.4.3 Metode yang dianjurkan adalah menggunakan osiloskop dua kanal, satu kanal merekam keluaran dari jembatan dan yang lainnya dihubungkan ke massa (ground). Jembatan dalam keadaan seimbang bila kondisi nol tercapai yaitu kedua sinyal menyatu.

#### 4.5. Kalibrasi statis

Dinamometer perlu dikalibrasi secara statis dengan menggunakan beban standar, mesin uji statis, atau mesin uji lelah yang menggunakan julat beban sesuai dengan metode "verifikasi beban mesin uji (ASTM E.4)". Kalibrasi dinamometer harus dilaksanakan minimal dengan 5 tahap pembebanan, terdiri dari satu beban ringan tidak lebih kecil 10 % dari julat dinamometer, beban yang tertinggi dari julat dinamometer, dan minimal 3 tahap pembebanan tambahan yang terbagi dalam suatu julat yang hampir sama dalam julat dinamometer. Dinamometer harus dipasang pada mesin uji sedemikian agar lenturan yang terjadi sekecil mungkin. Urutan prosedur kalibrasi adalah berikut ini.



- 4.5.1 Rangkaikan instrumen yang diperlukan, seperti catu daya sirkuit jembatan, penguat, osiloskop, dan sebagainya, dengan transduser dari dinamometer, dan setelah dihidupkan, biarkan beberapa saat agar menjadi stabil.
- 4.5.2 Minimalkan lenturan dengan memasang dinamometer sedemikian sehingga regangan yang terukur oleh setiap strain gage yang terpasang pada dinamometer tidak menyimpang diatas 5 % dari regangan rata-rata yang terukur oleh semua strain gage pada setiap beban dalam julat dinamometer. Ukur keluaran pada saat beban nol dengan salah satu ujung dinamometer saja dicekam pada mesin uji.
- 4.5.3 Sebelum kalibrasi statis, berikan dan lepaskan beban dari beban nol ke beban maksimum julat dinamometer paling sedikit tiga kali. Perubahan regangan aksial yang terekam setelah suatu periode tidak kurang dari 1 menit pada beban minimum pada pembacaan berikutnya tidak boleh melampaui  $\pm 0,2$  % dari regangan aksial pada beban maksimum.
- 4.5.4 Berikan beban statis tidak kurang dari lima tahap. Kenaikan yang hampir sama sampai julat maksimum. Pada setiap tahap, regangan dan beban direkam secara bersamaan.
- 4.5.5 Lepaskan beban dinamometer tidak kurang dari lima tahap penurunan yang hampir sama sampai beban nol. Pada setiap tahap regangan dan beban direkam secara bersamaan.
- 4.5.6 Ulangi langkah-langkah 4.5.3, 4.5.4 dan 4.5.5 dua kali untuk mendapatkan tiga seri pembacaan kalibrasi. Diantara tiap dua seri pembacaan, putar dinamometer  $\pm 30$  derajat untuk memungkinkan pendeteksian lenturan maksimum. Diantara pembacaan seri kedua dan ketiga, lepaskan rangkaian instrumen dan dinamometer dari mesin uji, dan kemudian pasang kembali seperti semula. Regangan rata-rata yang terukur pada setiap seri tidak boleh menyimpang melebihi 1 % regangan rata-rata dari semua tiga seri tersebut.
- 4.5.7 Dapatkan hasil kalibrasi statis dinamometer dari harga rata-rata tiga seri transduser dan beban terukur yang diperoleh dari mesin uji statis dan mesin uji lelah atau beban standar. Hubungan antara beban dan regangan seharusnya linear.



## 5. PROSEDUR VERIFIKASI DINAMIS MESIN UJI LELAH

### 5.1 Umum

Verifikasi dinamis mesin uji lelah dibutuhkan untuk seluruh julat beban dan frekuensi yang informasi kelelahan dikehendaki bagi setiap jenis benda uji yang diuji. Verifikasi secara keseluruhan terdiri dari prosedur yang mencakup kondisi operasi statis dan dinamis.

### 5.2 Pengukuran regangan dinamis

Instrumen yang dipakai untuk merekam keluaran dinamis transduser harus sama dengan yang dipakai untuk merekam regangan statis.

Dengan menggunakan metode keseimbangan nol, atur jembatan sedemikian rupa sehingga puncak sinyal beban menyinggung garis acuan nol osiloskop pada saat sinyal dialihkan dengan cepat antara dinamometer dan massa. Jika dipakai osiloskop dua kanal, atur jembatan sehingga puncak sinyal regangan menyinggung garis acuan nol dan lakukan pengaturan untuk mendapatkan garis singgung yang menunjukkan beban dinamis yang diberikan.

### 5.3 Prosedur

5.3.1 Untuk verifikasi dari tiap beban minimum dan beban maksimum pada setiap frekuensi pengujian dimana informasi lelah dikehendaki, perlu diikuti prosedur berikut ini :

5.3.1.1 Pasang dinamometer pada mesin uji lelah sedemikian sehingga regangan yang diukur oleh semua strain gage yang terpasang pada dinamometer tidak menyimpang lebih dari 5 % dari regangan rata-rata yang diukur pada setiap beban.

5.3.1.2 Hubungkan perlengkapan instrumentasi transduser pada dinamometer dan biarkan beberapa saat agar semua instrumen stabil.

5.3.1.3 Setel secara benar kontrol beban dan frekuensi pada mesin.

5.3.1.4 Rekam frekuensi operasi, bentuk gelombang, nilai maksimum dan minimum fluktuasi regangan dinamometer serta beban maksimum dan minimum yang ditunjukkan



oleh instrumentasi mesin uji jika ada, pada setiap kondisi dinamis. Dengan menggunakan hasil-hasil kalibrasi statis dinamometer, konversikan sinyal keluaran dinamis rata-rata terhadap beban.

- 5.3.1.5 Dengan instrumentasi yang telah distabilkan (seperti, jembatan yang seimbang) pada tingkat keluaran maksimum dari salah satu strain gage, hentikan beban siklusnya. Setelah selang waktu tidak kurang dari 5 menit, berikan lagi beban siklusnya, dan amati keluaran strain gauges pada awal siklus. Perkirakan julat waktu sebelum keluaran menjadi stabil pada tingkat siklus yang ajck (stedy state).

Catatan 4 : Hal ini menunjukkan besarnya beban transien yang dapat mempunyai pengaruh pada umur lelah benda uji.

- 5.3.1.6 Ulangi tahap 5.3.1.5 untuk setiap kondisi dari tingkat keluaran maksimum dan frekuensi.

- 5.3.2 Perubahan suhu ruangan harus diperhatikan saat dimana verifikasi dilaksanakan karena akan mengurangi ketelitian pengukuran. Suhu ruangan tidak boleh berubah lebih dari 3°C selama verifikasi.

## 6. SELANG WAKTU VERIFIKASI

Dianjurkan agar mesin uji lelah yang secara rutin dipakai, diperiksa pada selang waktu 6 bulan atau kurang dan jika jarang dipakai, selang waktunya 12 bulan. Mesin uji lelah perlu segera diperiksa jika dipakai benda uji dengan konfigurasi baru atau setelah perbaikan atau penyetelan pada mekanisme kontrol, bila mesin dipindahkan dan kapan saja jika ada alasan yang meragukan ketelitian hasilnya, tanpa memperhatikan selang waktu verifikasi yang terakhir.

## 7. LAPORAN

Laporan perlu memuat hal-hal sebagai berikut :

### 7.1 Uraian Peralatan

- 7.1.1 Nomor seri dan nama pabrik dari semua peralatan yang dipakai, termasuk mesin uji lelah, mesin uji statis,



transduser, dan setiap barang yang terkait dengan instrumentasi transduser.

7.1.2 Informasi yang tercantum pada sertifikat verifikasi mesin uji statis.

7.1.3 Uraian dinamometer yang lengkap dan rinci.

7.2 Untuk kalibrasi statis dinamometer.

7.2.1 Metode pemasangan dinamometer pada mesin uji statis.

7.2.2 Hasil rekaman lengkap beban dan regangan pada uji kalibrasi dinamometer dan tanggal pelaksanaannya.

7.2.3 Catu daya transduser regangan termasuk *chopper* atau frekuensi pembawa, jika dipakai.

7.3 Untuk setiap kondisi verifikasi pengujian dinamis.

7.3.1 Pembangkit regangan transduser termasuk *chopper* : atau frekuensi pembawa, jika dipakai.

7.3.2 Beban dan frekuensi yang digunakan.

7.3.3 Bentuk gelombang.

7.3.4 Beban dan regangan yang terbaca pada peralatan dinamometer.

7.3.5 Beban yang terbaca pada peralatan mesin uji lelah, kalau ada.

7.3.6 Nilai estimasi maksimum *over-shoot* atau *under-shoot* pada tiap kondisi dinamis dan waktu untuk mencapai kondisi siklus ajek.

7.3.7 Tanggal kalibrasi.



**BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN**  
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3-4  
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270  
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : [bsn@bsn.go.id](mailto:bsn@bsn.go.id)